

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-204226

(43)Date of publication of application : 09.08.1996

(51)Int.Cl.

H01L 31/108  
H01L 31/0264

(21)Application number : 07-008083

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE &amp; TECHNOL

(22)Date of filing : 23.01.1995

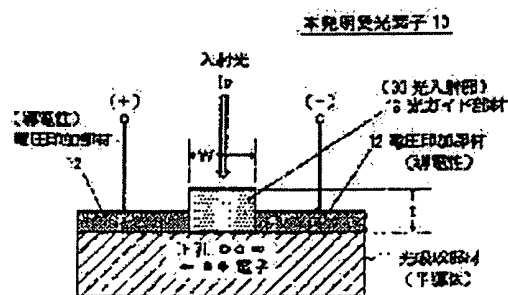
(72)Inventor :  
ITAYA TARO  
MATSUMOTO KAZUHIKO  
ISHII MASAMI  
NAKAGAWA ITARU  
SUGIYAMA YOSHINOBU

## (54) LIGHT RECEIVING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a light receiving element for detecting the incident light onto the surface of a light absorbing member interposed between a pair of voltage applying members formed on one surface of the light absorbing member in which high speed and high sensitivity are achieved by increasing the voltage applicable to the pair of voltage applying members.

CONSTITUTION: A pair of voltage applying members 12, 12 are formed on one surface of a light absorbing member 11. An optical guide member 13 having width W shorter than the wavelength of incident light  $I_p$  and dielectric three-dimensional structure is formed on the surface of the light absorbing member 11 between the pair of voltage applying members 12, 12.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.01.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2705757

[Date of registration] 09.10.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-204226

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 31/108

31/0264

H 0 1 L 31/ 10

31/ 08

C

L

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平7-8083

(22) 出願日

平成7年(1995)1月23日

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 板谷 太郎

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 松本 和彦

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 石井 正巳

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術院電子技術総合研究所内

(74) 指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所長

最終頁に続く

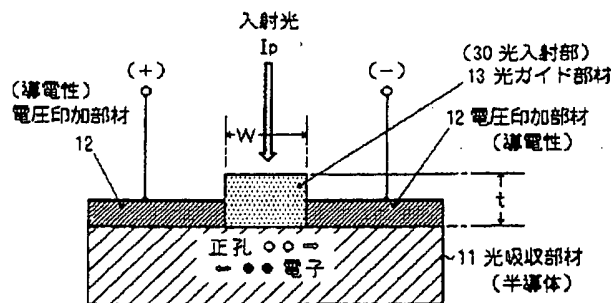
(54) 【発明の名称】 受光素子

(57) 【要約】

【目的】 光吸収部材の一表面上に一对の電圧印加部材を形成し、これら一对の電圧印加部材間の光吸収部材表面に入射する光を検出する受光素子において、一对の電圧印加部材に印加し得る電圧の大きさを大きくできるようにし、高速、高感度化を達成する。

【構成】 光吸収部材11の一表面上に一对の電圧印加部材12, 12を形成する。一对の電圧印加部材12, 12の間の光吸収部材11の表面上には、入射光 $I_p$ を透過することができ、入射光 $I_p$ の波長以下の幅寸法 $W$ で、絶縁性の立体構造体である光ガイド部材13を形成する。

本発明受光素子 10



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光吸収部材の一表面上に一对の導電性電圧印加部材を形成し、該一对の電圧印加部材により挟まれた光吸収部材の露呈表面を検出対象の光の入射部とする受光素子であって；上記光入射部における上記光吸収部材の上記露呈表面上に、上記検出対象の光に対し光透過性で、該検出対象の光の波長以下の幅寸法を有し、少なくとも上記一对の電圧印加部材間にあって光吸収部材よりも高抵抗を示す立体構造体である光ガイド部材を設けたこと；を特徴とする受光素子。

【請求項2】 請求項1記載の受光素子であって；上記光ガイド部材は絶縁体により構成されていること；を特徴とする受光素子。

【請求項3】 請求項2記載の受光素子であって；上記絶縁体は上記一对の電圧印加部材を形成する材料薄膜を酸化することで形成されたものであること；を特徴とする受光素子。

【請求項4】 請求項1記載の受光素子であって；上記光ガイド部材は半導体により構成されていること；を特徴とする受光素子。

【請求項5】 請求項1記載の受光素子であって；上記光ガイド部材は複数種類の物性の材料を含むこと；を特徴とする受光素子。

【請求項6】 請求項1記載の受光素子であって；上記光ガイド部材は、該光ガイド部材の光学的性質を可変する可変機構を含むこと；を特徴とする受光素子。

【請求項7】 請求項6記載の受光素子であって；上記可変機構は、上記光ガイド部材の上記光学的性質を可変するために電圧の印加を受ける制御電圧印加部材を有すること；を特徴とする受光素子。

【請求項8】 請求項6または7記載の受光素子であって；上記制御電圧印加部材の中の少なくとも一つは上記一对の電圧印加部材の一方により構成されていること；を特徴とする受光素子。

【請求項9】 請求項6、7、または8記載の受光素子であって；上記可変機構は半導体超格子構造を含むこと；を特徴とする受光素子。

【請求項10】 請求項6、7、または8記載の受光素子であって；上記可変機構はファブリ・ペロー型共振器構造を含むこと；を特徴とする受光素子。

【請求項11】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、または10記載の受光素子であって；上記光ガイド部材の厚さは上記一对の電圧印加部材の厚さよりも厚いこと；を特徴とする受光素子。

【請求項12】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、または11記載の受光素子であって；上記光ガイド部材は上記一对の電圧印加部材間にあって互いに並設された複数個から成り；該複数個の光ガイド部材にあって隣接する光ガイド部材間には上記検出対象の光を透過しない光非透過性の中間部材が設けられている

こと；を特徴とする受光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は通信、情報処理分野において必要となる、光信号を電気信号に変換する受光素子の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光信号を電気信号に変換する受光素子として比較的高速な変換動作の見込まれるものに、従来からも図8にその原理構造を示す受光素子50が提案されている。出典は「IEEE Journal of QUANTUM ELECTRONICS, Vol. 28, pp. 2358-2368, 1992」であるが、一般に基板として構成できる半導体光吸収部材11の表面上に、対向する一对の電圧印加部材12、12を金属薄膜により形成し、これら一对の電極12、12の間における光吸収部材11の露呈表面11aを検出対象の光Ipの入射窓とする。

【0003】 このような構造において一对の電圧印加部材12、12間に適当な電圧を印加しておくこと、光入射窓（光吸収部露呈表面）11aに光Ipが入射することで光吸収部材11中に励起キャリア（電子及び正孔）が発生し、その中、図中、白丸で示す正孔は相対的に負電位（-）になる電圧印加部材12の方に、また黒丸で示す電子は相対的に正電位（+）になる電圧印加部材12の方にそれぞれ引き込まれ、これにより一对の電圧印加部材12、12を介し光伝導電流（光検出電流）が流れて、入射光Ipのあったことが検出される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 こうした図8に示す従来素子50は、一般にMSM（金属／半導体／金属）型の受光素子と呼ばれ、原理的には一对の電圧印加部材12、12間の離間距離W、すなわち光入射窓となる光吸収部材11の露呈表面11aの幅Wを狭める程、高速になるし、印加電圧を高める程、高速、高感度になる。また特に、検出対象の光Ipの波長に比し、露呈表面11aのWを同じかそれ以下にすると、光吸収部材11に入射する光Ipは近接光電界（いわゆるエバネッセントな光電界）を持つものとなり、入射光Ipは光吸収部材11の表面近傍にて吸収され、一方、電圧印加部材12、12による電界強度は光吸収部材11の内部よりも表面の方が高いので、当該光吸収部材11の表面近傍で発生した光励起キャリアを速やかに電圧印加部材12、12の方に引き抜くことができるようになって、より高速な動作が可能となり、キャリア再結合の影響も低減することができる。

【0005】 実際、図8に示された従来の受光素子50でも、既存の微細加工技術である電子ビーム露光技術の適用によって電圧印加部材12、12間の距離Wは300nm程度までには縮小化し得ており、その結果、パルス応答での出力半値全幅も870fsを得ている。これは他の既存受光素子に比すとかかなり高速ではある。しかし、同時にまた、これは下記の理由で最早限界にあり、より高速化す

ることは困難である。

【0006】まず、一对の電圧印加部材12、12間の光吸収部材11の表面11aは空間に露呈しているため、一对の電圧印加部材12、12間により大きな電圧を印加しようとすると、当該露呈表面11aに沿っての沿面放電が生じたり、エアギャップを介しての放電が生じてしまい、素子としての使用ができなくなる。換言すると、一对の電圧印加部材12、12間の離間距離Wもほぼ限界状態にあり、これ以上近づけようとする低い電圧でも絶縁破壊を起こしてしまう。逆に、入射光 $I_p$ の波長以下という限定の下でも、場合によっては入射窓ないし露呈表面11aの幅Wはもう少し大きくして良い場合もあるが、このような場合でも印加電圧にはやはり大きな制約がある。また、加工技術上からも限界にあり、既存の電子ビーム露光技術では加工精度を重んずると100nm以下は困難である。

【0007】本発明は基本的にはこうした点に鑑みてなされたもので、図8に示したような受光素子50の改良として、電圧印加部材12、12間の離間距離（光吸収部材11の露呈表面11aの幅）Wや印加電圧に関する制約を緩和し、より高速な受光素子を提供せんとするものである。

【0008】さらに、上述の基本的な目的を達成した上で、本発明はまた、より高機能ないし多機能な受光素子をも提供せんとする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するため、光吸収部材の一表面上に一对の導電性電圧印加部材を形成し、これら一对の電圧印加部材により挟まれた光吸収部材の露呈表面を検出対象の光の入射可能な光入射部とする受光素子において、(a) 検出対象の光に対し光透過性で（すなわち透明ないし半透明で）、(b) 検出対象の光の波長以下の幅寸法を有し、(c) 少なくとも一对の電圧印加部材間にあって光吸収部材よりも高抵抗を示す

(d) 立体構造体である

光ガイド部材を、光入射部における光吸収部材の露呈表面上に設けることを提案する。

【0010】このような基本的構成の下に、本発明では下位の態様として、光ガイド部材が絶縁体により構成されていることや、さらにこの場合、当該絶縁体は上記一对の電圧印加部材を形成する材料薄膜を酸化することで形成されたものであることも提案する。場合により、上記(c)における要件を満たす限り、光ガイド部材は半導体（一般に「半絶縁性」と呼ばれるような材料も含む）により構成することもできる。

【0011】また、本発明の他の態様として、光ガイド部材は複数種類の物性の材料を含んで構成することもできるし、例えば当該光ガイド部材の屈折率、吸収係数、偏向方向等々、光学的性質を可変する可変機構を含んで構成することもできる。後者の場合には、光ガイド部材は当該光学的性質を可変するために電圧の印加を受ける

制御電圧印加部材を有することもでき、この制御電圧印加部材の中の少なくとも一つは、上記一对の電圧印加部材の一方により構成することもできる。

【0012】特に、光ガイド部材の光学的性質を可変する可変機構は、代表的には半導体超格子構造や、あるいはまたファブリ・ペロー型共振器構造を含んで構成することができる。

【0013】そして、上記したいずれの態様の場合にも、本発明により組込まれる立体構造体としての光ガイド部材の厚さは、一对の電圧印加部材の厚さよりも厚くすることで当該一对の電圧印加部材間の沿面距離を長くすることが望ましい。

【0014】さらに、本発明の特定の態様によれば、光ガイド部材は一对の電圧印加部材間にあって互いに並設された複数個から成るものとし、これら複数個の光ガイド部材にあって隣接する光ガイド部材間には検出対象の光を透過しない光非透過性の中間部材を設けた構成も提案できる。

【0015】

【実施例】図1には本発明に即して構成された一実施例素子である受光素子10の概略的な断面構造が示されている。図中において、既に図8に即し説明した従来素子50の各構成要素に関し付した符号は、理解をたやすくするため、この本発明実施例素子10でも対応するものに用いるものとする。また、後述する他の実施例においても、対応する構成要素には同じ符号を付す。

【0016】しかるに、例えばGaAs等、いわゆる半絶縁性材料も含めて適当なる半導体により構成された光吸収部材11の表面上には一对の電圧印加部材12、12が形成され、それら一对の電圧印加部材12、12の間が本受光素子10における実質的な光入射部30となっている。電圧印加部材12、12の材質はチタン等、一般に金属が良いが、適当なる不純物を導入することで適当なる導電性の持たされたシリコン等、半導体であっても良い。また、一般に光吸収部材11は、それをそのまま、本受光素子10の構築基板として利用することができるが、これは限定的なことではなく、図示しない他の物理的支持基板上に図示構造を構築するも差し支えない。

【0017】光入射部30は、従来素子50の場合、空間に露呈した露呈表面11a(図8)となっていて、これがそのまま光の入射窓となっていたが、本発明に即して構成されたこの実施例素子10では、光入射部30には例えば酸化チタン、酸化シリコン、窒化シリコン等々、適当なる絶縁材料による立体構造体としての光ガイド部材13が設けられ、換言すればこの光ガイド部材13により、光吸収部材11の露呈表面は覆われている。ただし、この光ガイド部材13は、検出対象とする光 $I_p$ に対しては少なくとも光透過性、すなわち透明であるか、せめて半透明である必要がある。もちろん、上記例記した材料群は、殆どの光波長領域に対し透明として扱うことができる例である。

【0018】このような構造になっていると、一對の電圧印加部材12、12間の光吸収部材11の表面は空間に露呈していないため、既述したように従来問題となった当該光吸収部材11の露呈表面11aに沿っての沿面放電の問題は解消ないし緩和され、一對の電圧印加部材12、12には従来例における同じ離間距離Wを取った場合、より大きな電圧を印加することができる。特に、望ましくは光ガイド部材13の厚さを電圧印加部材12の厚さよりも厚くすると、厚くする程に当該光ガイド部材13の外側面に沿っての一對の電圧印加部材12、12間の沿面距離も長くなるため、従来は一對の電圧印加部材12、12間のエアギャップを介しての放電も生じ易かったのに対し、十分な耐圧を見込むことができる。そのため、従来素子50では一對の電圧印加部材12、12間をより近付けようとしても、こうした絶縁破壊の問題から実質的な制約が生まれ、印加電圧に関しても上限値が制約されていたのに対し、本発明受光素子10においてはそのような制約が飛躍的に改善される。

【0019】そして、先にも述べたように、一對の電圧印加部材12、12間に規定される光入射部30の幅Wを検出対象の光 $I_p$ の波長以下とすると、光吸収部材11に入射する光 $I_p$ は近接光電界（エバネッセントな光電界）で表されることになり、光吸収部材11の表面近傍のみ、光電界強度が高くなって、入射光 $I_p$ は光吸収部材11の当該表面近傍で吸収されることになる。そこで、本発明により一對の電圧印加部材12、12間に従来よりも大きな電圧を印加できるようになった受光素子10においては、光 $I_p$ の入射により光吸収部材11の表面近傍に発生した励起キャリア（電子及び正孔）は、電圧印加部材12、12に近いことで内部よりも高電界強度になっている表面電界により、電子は相対的に正電位（+）側の電圧印加部材12に、また正孔は相対的に負電位（-）側の電圧印加部材12に、それぞれ高速で引き抜かれるようになる。これは言い換えれば、従来よりも高速な光電変換動作（光検出動作）が可能なることを意味し、また、高電圧の印加により励起キャリアの寿命よりも高速に引き抜くことができるので、当該励起キャリア対の再結合の影響も低減することができる、高感度化、高出力化に寄与する。

【0020】特に、本発明によると一對の電圧印加部材12、12間の離間距離W、すなわち光ガイド部材13の幅Wは十分に狭めることができるので、従来素子の限界よりもより狭めれば、上記の高速、高感度動作はより一層助長されることになる。この場合、既存の電子ビーム露光手法等、半導体デバイス加工における微細加工技術では限界がある場合には、本出願人により昨今開発された「走査プローブ加工法」を利用することができる。

【0021】図2はこの走査プローブ加工法の原理を示している。これは、トンネル顕微鏡（STM：Scanning Tunnel Microscope）とか原子間力顕微鏡（AFM：Atomic Force Microscope）を試料加工装置として利用する

もので、基板A上に形成された導電性薄膜B（例えばチタン薄膜）に対し例えばSTMの走査プローブPの先端を近付け、電源Vにより当該先端と導電性薄膜B間に高電界を印加しながらプローブPを矢印Sで示すように相対走査すると、その軌跡に従い導電性薄膜Bが酸化され、電気化学反応によって酸化チタン細線C（例えば酸化チタン細線）が形成される。AFMを用いても同様の結果が得られ、むしろAFMの場合には、加工対象薄膜が導電性薄膜に限定されない利点がある。

【0022】こうした手法によるとGaAs上に最高分解能で18nm幅の酸化チタン細線の形成も可能になっているので、本発明者においてもこれを利用し、図1に原理構造を示す本発明受光素子10を実際に作製してみた。この製造工程例は図3に示されている。

【0023】まず、図3(A)に示すように、光吸収部材11として選んだ半絶縁性GaAs基板11の上に導電性薄膜12'としてチタン薄膜12'を蒸着した。このチタン薄膜12'の所定部分の表面にSTMの走査プローブPを近付け、図3(B)に示すように大気環境下（すなわち水分を含む環境下）でプローブPとチタン薄膜12'間に5Vの電位を印加し、トンネル電流を流しながら図面紙面と直交する走査方向に沿ってプローブSを相対走査した。このとき、走査速度は形成される酸化チタン細線13の幅が100nmになるようにした。ちなみに印加電圧や走査速度を調整することにより、形成される酸化チタンの幅や厚みをかなり自由に調整することができる。

【0024】これにより形成された酸化チタン細線13は、本発明の受光素子10の光入射部30における光ガイド部材13となり、その両側にあつて酸化されずに残ったチタン薄膜部分は一對の電圧印加部材12、12となる。換言すると、この手法は、一對の電圧印加部材12、12とその間に設けられるべき光ガイド部材13とを一遍に作る合理的な手法ともなっている。

【0025】この後、図3(C)に示す通り、必要に応じ外部回路と電氣的接続を取るのに便利のように、一對の電圧印加部材12、12上の所望の面積部分上に例えばTi/Au取り付け電極14、14を形成する。さらに、実用的な素子とするために、図3(D)に示すように、電圧印加部材12、12と光ガイド部材13を含むストライプと平行に例えばTi/Au接地用電極15、15を形成する。各ストライプの幅と隣接するストライプ間の寸法は本試作素子ではそれぞれ5 $\mu$ mとした。これにより、一對の電圧印加部材12、12の一方に対してはバイアス電圧Vbを印加するバイアス線Lbを、他方の電圧印加部材12に対しては抵抗Rで模式的に示した負荷Rへの信号線Lrを接続することができ、シールド構造を形成する一對の接地用電極15、15にはそれぞれ接地線Leを接続することができる。

【0026】このようにして作製した試作素子10の評価には電気光学サンプリング法を用いた。これは、被測定回路上に置かれた電気光学結晶中の電界変化に比例した

レーザ光の偏光変化を検出することにより、電気信号をフェムト秒(fs)領域の時間分解能で計測し得る手法であるが、本試作素子10の評価には図4に示すような測定システムを構築した。

【0027】光源はアルゴンイオンレーザ21から入力光を受ける衝突モード同期(CPM: Colliding Pulse Mode-locked)色素レーザ22であって、レーザ出力は約10mW、出力パルス幅は40fs、波長は620nmである。この波長620nmの光に対し、試作素子10における酸化チタン製の光ガイド部材13は十分な透明性を示し、かつ電気的には満足な絶縁体である。CPM色素レーザ22の出力はビームスプリッタ23により9:1に分割し、前者を励起ビームIp、後者をサンプリングビームIsとして、励起ビームIpをサンプリングビームIs側との光路差調整用の可変遅延装置32に通した後、本発明受光素子10の光ガイド部材13に入射させ、一方、サンプリングビームIsは偏光方向調整のための2/λ波長板24を介し偏光子25に入射させた後、電気光学(EO: Electro-Optical)プローブ31に入射させる。EOプローブ31は電気光学係数が35.8pm/VのLiTaO<sub>3</sub>板で、受光素子側に接する結晶裏面には誘電体多層膜の反射コーティングが施され、大きさは縦300μm、横250μm、厚さ50μmである。また、このEOプローブ31の結晶方位とサンプリングビームIsの偏光方向は、ストライプ線路上における横方向電界に対して感度が最大になるように設定した。

【0028】EOプローブ31中へのしみ出し電界により位相変調を受けて反射されたサンプリングビームIsはソレイユ・バビネ位相補償板26により位相補償を受けた後、偏光ビームスプリッタ27を介し一対の受光器28a, bにより強度変調に置き換えられて受光され、受光器出力は差動増幅器29を介した後、試作素子10に印加すると同じ1MHzの周期でロックイン増幅器34によりロックイン検波される。

【0029】ロックイン増幅器34の出力に基づきプロットされた測定結果は図5に示されている。測定は試作素子10から70μm離れた地点で行なったが、電気パルスの半値全幅としては570fsを得るに成功した。これは3dB帯域として790GHzに相当し、この種の光導電型受光素子として、間違いなく現時点における世界最高速の値である。

【0030】以上のように、本発明に従うと図8に即して説明したような従来の受光素子50に比し、例えば100nm程度というように、一対の電圧印加部材12、12間の離間距離Wをより一層短くしても絶縁破壊等は起こさず動作させ得るので、上記のように製造方法に走査プローブ加工法等を用いれば、極めて小型で高速、高感度な受光素子を構築することができる。しかし、この効果を逆に言うと、従来の素子における300nm程度よりも、検出対象の光Ipの波長以下という限定の下で一対の電圧印加部材12、12間の離間距離Wをむしろ大きくしても、絶縁破

壊の恐れが少ないので当該一対の電圧印加部材12、12間にはより大きな電圧を印加できるため、結果として従来の素子より高速、高感度な受光素子を提供できるとも言える。そして、この場合には製造工程に係る負担が軽くなり、光ガイド部材13の形成に上記した走査プローブ加工法を援用しても良いことはもちろんである(例えばプローブPの走査を横方向に少しずらしながら繰返すことで任意の広幅酸化線路を描くこともできる)が、そうでなく、例えば電子ビーム露光技術や選択成長技術等、既存の他の微細加工技術をそのままに利用することもできる利点が生まれる。

【0031】以下、本発明の他の改変例につき説明するが、まず、光ガイド部材13は、上記した絶縁体に限らず、少なくとも一対の電圧印加部材12、12間にあって光吸収部材11よりも十分なる高抵抗を示し、望ましくは絶縁体に準ずるものであれば半導体を用いることもでき、この場合、光吸収部11が例えばGaAsであるならば、光透過性を示すために(そこではなるべく吸収されないように)、GaAsよりもバンドギャップの大きな半導体としてAlAs, GaP等を用いることができる。ただし、完全なる絶縁性を確保するためには、これら半導体材料による立体構造体である光ガイド部材13と少なくとも一方の電圧印加部材12との間に若干の隙間を置くようにし、その間に要すれば絶縁体を挟み込むと良い。後者の場合は、光ガイド部材13が複数種類の物性の材料から構成されている実施例の一つに相当する。

【0032】次に、本発明受光素子の光入射部30には、図6の本発明実施例素子10Aに認められるように、図示の場合は二つしか示していないが二つ以上の光ガイド部材13を設け、これら隣接する光ガイド部材13、13間に光を通さない光非透過性中間部材35を設けることができる。このような受光素子10Aでは、検出対象の光の波長以下の幅寸法を有する光ガイド部材13が複数個ある分、検出感度を上げることができる。光非透過性中間部材35は原理的には導電性でも絶縁性でも良いが、導電性の方が望ましく、この場合には両側の一対の電圧印加部材12と同一の材料薄膜により形成することができる。各光ガイド部材13の形成は任意の微細加工技術によって良いが、例えば既述した走査プローブ加工法による場合には、当該各光ガイド部材13、13を形成する工程によって同時に両側の一対の電圧印加部材12、12と中間部材35の形成が一度に行なえ、極めて合理的である。もちろん、光ガイド部材13の数は任意である。

【0033】本発明受光素子における光ガイド部材13には、本願要旨構成中における限定条件から外れない限り、先に少し述べたように、絶縁体と半導体等、物性の異なる複数種の材料が混在したものも考えられる。また、光ガイド部材13が自身の光学的性質を変化させる可変機構を含む構成も提案できる。図7はそのような場合の本発明実施例素子10Bを示している。

【0034】説明すると、光入射部30に形成される光ガイド部材13の一部は、光吸収部11の表面に接する側から順に、n型（またはp型）半導体層37、GaAs/AlGaAsないしInAs/InGaAsの超格子構造層39、p型（またはn型）半導体層38の積層構造体になっており、その上にこれまで述べてきたと同様の単一絶縁体または単一半導体より成る光透過性絶縁部材13'があり、この絶縁部材13'を貫くようにして、外部からの光学的性質制御のための金属または半導体製の制御電圧印加部材36が半導体層38にオーミック接触するように形成されている。他方の半導体層37にも制御電圧印加部材が付されるが、この実施例ではこれは別途専用につされたものではなく、一対の電圧印加部材12、12の一方（図示左側）がこれを兼ねている。

【0035】このような構造では、一方の電圧印加部材12と制御電圧印加部材36間に外部から電圧を印加することで超格子構造層39に電界を掛け、その電界の大きさ（印加電圧の大きさ）に応じ、量子閉じ込めシュタルク効果によりバンド端近傍の波長に対する吸収率や屈折率を変化させ、特に量子構造において特徴的に現れるエキシトンによる吸収ピークを制御することができる。これにより、各波長に対する吸収係数の変化から入射光 $I_p$ のスペクトルが分かり、受光素子の高性能化ないし多機能化に寄与できる。また、光ガイド部材13中にファブリ・ペロー型共振器構造を組込めば、外部からの電極12、36への印加電圧により屈折率を制御すると当該共振器の共振波長を制御することもでき、波長選択性のある受光素子10Bを提供することもできる。この場合、図7における超格子構造層39は当該ファブリ・ペロー型共振器構造中に必要な内部光導波路と読み替えれば良く、上下の半導体層37、38は反射鏡を兼ねる屈折率制御用電圧印加部材と見れば良い。その他、他の光学的性質の可変制御のための他の可変機構を含むことも本発明では何等妨げるものではない。

【0036】なお、図7に示される構造の場合、下側の半導体層37を介して一対の電圧印加部材12、12間が電気的に短絡するのを防ぐため、図示右側の電圧印加部材12と超格子構造層39を含む光ガイド部材13との間には絶縁層40を挟んでいるが、これは空隙に置き換えられても良い。ただ、このような絶縁層40は、実質的に絶縁部材13'と同時の工程で形成することができ、特にこれを設けるがために工程が複雑になることは一般にはない。

【0037】以上、本発明の幾つかの実施例に即し説明したが、本発明の要旨構成に即する限り、当業者にとつ

て任意の改変は自由である。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明によると、光吸収部材の一表面上に一対の導電性電圧印加部材を形成して、これら一対の電圧印加部材により挟まれた光吸収部材の露呈表面を検出対象の光の入射部とした受光素子において、光入射部には絶縁体またはこれに準ずる物性で、検出対象の光の波長以下の幅寸法の光透過性光ガイド部材が存在するので、従来よりも高い電圧を印加できるか、一対の電極間を絶縁破壊の恐れなしにもっと近付けることができる。そのため、高電界印加による光励起キャリアの高速な引き抜きが可能となり、励起キャリアの再結合の影響も低減するので、高速かつ高感度な受光素子を提供することができる。また、光ガイド部材は光吸収部の表面を覆う保護層としても働き、別途に保護層を形成する手間も省き得る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明受光素子の基本的な一実施例の概略構成図である。

20 【図2】本発明受光素子の作製に利用可能な走査プローブ加工法の説明図である。

【図3】本発明受光素子を走査プローブ加工法を援用して作製する場合の製造工程例の説明図である。

【図4】試作された本発明受光素子の測定システムの説明図である。

【図5】試作された本発明受光素子を測定した結果の説明図である。

【図6】本発明の他の実施例としての受光素子の概略構成図である。

30 【図7】本発明のさらに他の実施例としての受光素子の概略構成図である。

【図8】従来におけるMSM型受光素子の概略構成図である。

#### 【符号の説明】

10, 10A, 10B 本発明受光素子,

11 光吸収部材,

12 電圧印加部材,

13 光ガイド部材,

30 光入射部,

40 35 光非透過中間部材,

36 制御電圧印加部材,

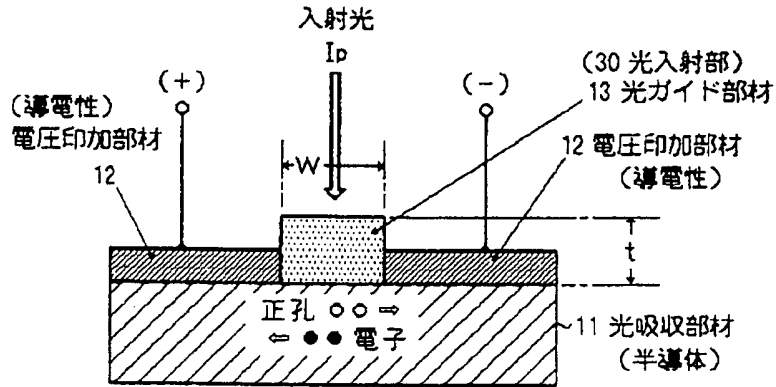
37, 38 半導体層,

39 超格子構造層,

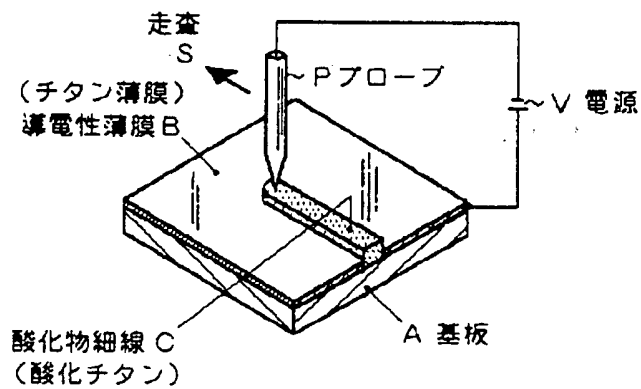
40 絶縁層.

【図1】

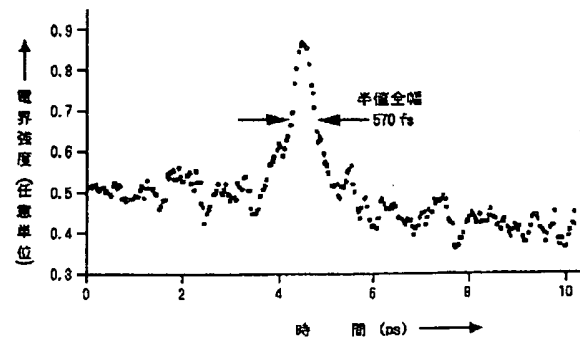
## 本発明受光素子 10



【図2】

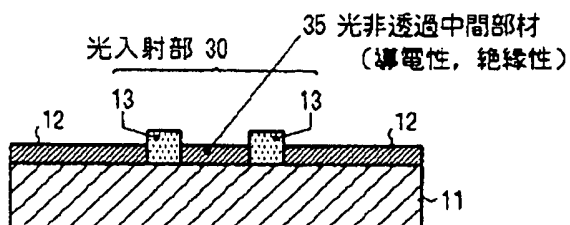


【図5】



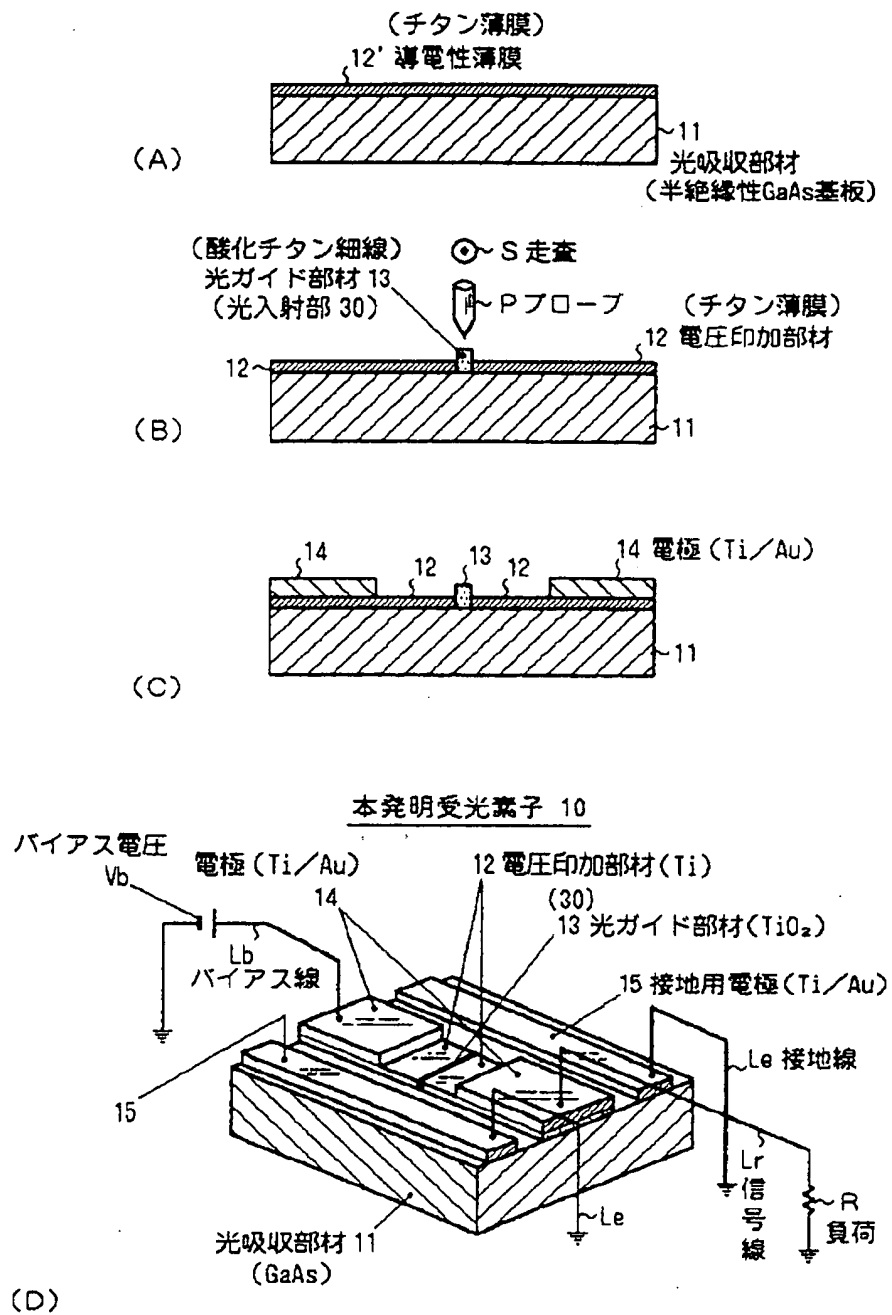
【図6】

## 本発明受光素子 10A

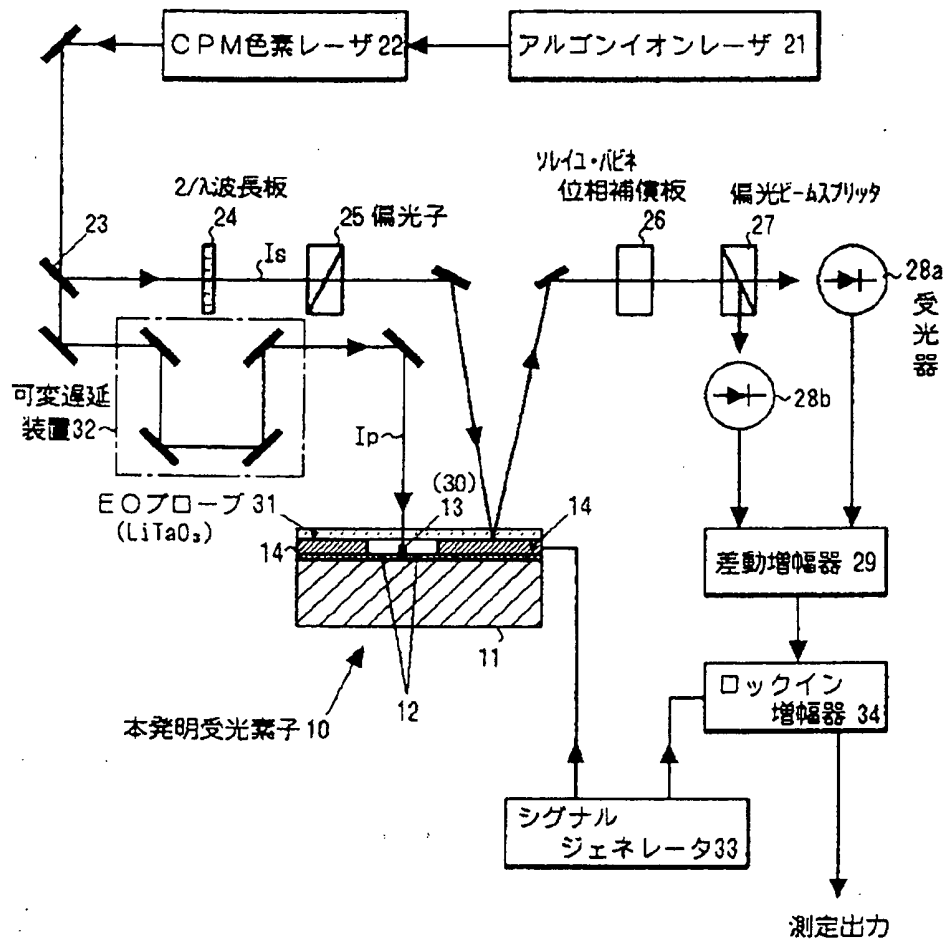




【図3】

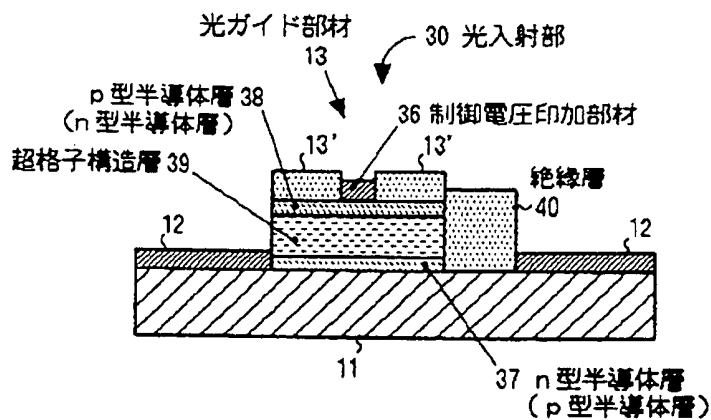


【図 4】



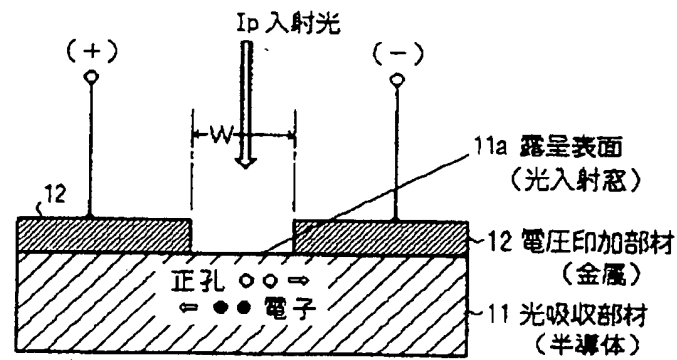
【図 7】

## 本発明受光素子 10B



【図 8】

## 従来例受光素子 50



フロントページの続き

(72) 発明者 中川 格  
 茨城県つくば市梅園 1 丁目 1 番 4 工業技  
 術院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 杉山 佳延  
 茨城県つくば市梅園 1 丁目 1 番 4 工業技  
 術院電子技術総合研究所内